

JINSHUQIEXIAO
JIAGONG DE
LILUNJICHU

金属切削加工 的理论基础

王德成 王德成 编
王德成 王德成 编

山东科学技术出版社

Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools

Geoffrey Boothroyd
Scripta Book Company
Washington, D. C.

金属切削加工的理论基础

〔美〕G·布思罗伊德著
山东工学院机械教研室译

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092毫米32开本 14.25印张 2插页 274千字

1980年2月第1版 1980年2月第1次印刷

印数：1—16,000

书号 15195·52 定价 1.55元

译 者 的 话

本书的书名，按照它的原文“Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools”应译为《金属切削加工基本原理和机床》，但因它主要讨论金属切削加工的基本理论，而涉及机床的内容较少，因此，我们将本书的书名译为《金属切削加工的理论基础》。

本书作为一本专业课程的教材，内容比较丰富。它包括了金属切削加工的主要理论问题，如金属切削中的摩擦、切削液的作用机理、切屑控制、切削动力学、切削加工的经济性、砂轮的磨损，以及各种自动化系统经济性的比较等，内容新颖，分析深透。在国内现有的金属切削原理教材中，这些问题，有的只是概念性介绍，有的就完全没有提到。但这些正是机械制造方面的工程技术人员很需要掌握的内容。此外，本书还适当地介绍了正在发展的成组加工和电加工的基本原理。

本书在讨论问题时，利用数学方法，结合实际问题，进行理论分析和计算，避免了抽象、定性叙述的缺点。这样，使学生学完这门课程后，概念清楚，印象深刻。每章后面，还附有很多结合实际的习题，可供练习和思考用，对巩固和加深所学基本理论很有帮助。为了便于教学，书末附有八个实

验指导材料。

全书所用单位和代号,一律采用国际单位制(SI制)。还采用了一部分国际标准组织(ISO)的名词、术语及定义。这对国内正在逐步推广使用国际标准制,很有帮助。全书图表中的数据,同时标明了公制和相应的英制值,使用比较方便。

本书也存在一些缺点,例如切屑形成过程的叙述比较简单,有些理论介绍不多,有关钻削和铣削过程的某些特点也没有提到等。

本书对于高等工业院校、中等专业学校有关专业的师生,以及机械制造业的工程技术人员,都是一本比较好的参考书。

1979年5月于济南

前 言

本书主要是为高等工业院校《金属切削加工和机床基础》课程编写的教学用书，也可供机械制造业的工程技术人员，以及想熟悉有关新的国际术语和单位制（见“本书所用单位制的说明”）的人们参考。

本书所涉及的数学内容有限，只要学过统计学和动力学方面的基础课程以及初等微积分，学习本书就不会有什么困难。

现有的许多同类教材，往往是偏重于概念的叙述，本书则采用图例说明与理论分析相结合的方法，阐明各种现象产生的原因及其在生产实际中的效用。本书还着重讨论了切削加工的经济性和零件的切削加工工艺性。

在此，我要向近年来的同事们以及从各方面协助我编写本书的人士深表谢意。我指导的几位研究生 P·W·华莱士，C·卡辛、K·K·米特拉、L·E·莱因哈特和 J·F·萨尔尼古拉，为本书的编写做了大量工作，特此致谢。

最后，对仔细审阅本书手稿并提出许多宝贵意见的马萨诸塞大学的 L·E·默奇博士，为手稿打字的唐娜·莫金小姐和绘制大量插图的莉拉·威尔逊小姐致以谢意。

G·布·

目 录

前 言

本书所用单位制的说明

一、标准化

二、国际单位制简介

本书所用符号的说明

第一章 机床及切削加工	1
第一节 概述	1
第二节 机床的形成运动	3
第三节 使用单刃刀具的机床	6
一、普通车床（中心车床）	6
二、单刃刀具	8
三、典型的车床加工方法	12
四、普通车床上工件和刀具的装夹	17
五、其他类型的车床	19
六、立式车床（立车）	20
七、卧式镗床（卧镗）	21
八、牛头刨床（牛头刨）	22
九、龙门刨床（龙门刨）	27
第四节 使用多刃刀具的机床	28
一、多刃刀具	28
二、钻床	28
三、卧式铣床（卧铣）	32

四、立式铣床（立铣）	39
五、拉床	44
六、丝锥和板牙	46
第五节 磨床	47
一、砂轮	47
二、卧式平面磨床	49
三、立式平面磨床	53
四、外圆磨床	54
五、内圆磨床	56
第六节 机床特性和切削公式小结	58
参考文献	66
习 题	66

第二章 金属切削力学70

第一节 概述	72
第二节 术语和定义	72
第三节 切屑形成	74
一、连续切屑	76
二、有积屑瘤的连续切屑	76
三、不连续切屑	77
第四节 作用在刀具上的力及其测量	78
第五节 单位切削功	79
第六节 刀口合力和“尺寸影响”	81
第七节 工件材料的名义平均剪切强度	83
第八节 切屑厚度	87
一、厄恩斯特和麦钱特的理论	87
二、李和谢弗的理论	91
三、实验验证	94
第九节 金属切削时的摩擦	97

参考文献	104
习 题	107
第三章 切削温度	110
第一节 金属切削热的产生	110
第二节 运动材料中的热传递	111
第三节 金属切削中的温度分布	114
一、第一变形区的温度	114
二、第二变形区的温度	118
三、例题	119
四、切削速度对温度的影响	123
第四节 切削温度的测量	124
参考文献	126
习 题	126
第四章 刀具耐用度和刀具磨损	129
第一节 概述	129
第二节 渐进式刀具磨损	130
第三节 金属切削时磨损的形式	131
一、月牙洼磨损	131
二、后刀面磨损	132
三、刀具耐用度的标准	132
四、刀具耐用度	135
五、早期的刀具损坏	136
六、积屑瘤的影响	137
七、刀具几何角度的影响	138
八、切削速度和进给量对月牙洼和积屑瘤形成的影响	140
第四节 刀具材料	142
第五节 工件材料	145

一、刀具磨损和可切削性试验	146
二、影响金属可切削性的因素	148
参考文献	150
习 题	151
第五章 切削液和表面粗糙度	152
第一节 切削液	152
第二节 冷却剂的作用	152
第三节 润滑剂的作用	155
一、边界润滑	155
二、金属切削中的润滑	156
第四节 表面粗糙度	163
一、理想表面粗糙度	163
二、自然表面粗糙度	168
三、表面粗糙度的测量	170
参考文献	171
习 题	172
第六章 金属切削加工的经济性	173
第一节 概述	173
第二节 选择进给量	175
第三节 选择切削速度	176
第四节 最低成本和最少生产时间的刀具耐用度	181
第五节 最佳条件各因素的估算	183
第六节 切削速度不变时的加工计算例题	185
第七节 最大效率的切削加工	188
第八节 端面加工	191
第九节 断续切削加工	195
第十节 各种刀具材料和刀具设计的经济性	196
参考文献	201

习 题	202
第七章 刀具的名词和术语	206
第一节 概述	206
第二节 刀具名词术语制度	209
一、英国最大前角制	209
二、美国标准化协会制	210
三、德国制	211
第三节 新国际标准	214
一、刀具的刃磨系统和工作系统	214
二、安装系统	220
三、刀具刃磨系统和工作系统之间的数学关系	222
四、例题	223
五、由工作角度计算刃磨角度	224
参考文献	225
习 题	226
第八章 切屑控制	227
第一节 概述	227
第二节 断屑器	229
第三节 切屑卷曲半径的确定	233
第四节 带断屑器时刀具的磨损	237
参考文献	240
习 题	241
第九章 机床振动	242
第一节 概述	242
第二节 强迫振动	242
第三节 自激振动	247
第四节 金属切削动力学	249
一、切削厚度变化的影响	250

二、前角和后角变化的影响	259
三、切削加工的稳定性	261
四、再生颤振	264
参考文献	265
习 题	266
第十章 磨削	267
第一节 概述	267
第二节 砂轮	267
一、砂粒(磨料)的种类	269
二、粒度(砂粒大小)	269
三、结合剂	270
四、组织	270
五、砂轮的选用	270
第三节 磨削条件对砂轮性能的影响	272
第四节 切削砂粒密度的确定	275
第五节 砂轮的试验	275
第六节 磨削过程分析	276
一、清磨时间的估算	280
二、砂轮的等效直径	285
三、易磨削材料的金属切除参数	287
四、例题	289
五、难磨削材料的金属切除参数	290
第七节 砂轮的磨损	291
参考文献	293
习 题	295
第十一章 制造系统与自动化	296
第一节 概述	296
第二节 制造系统	297

第三节 组合机床自动线	301
一、组合机床自动线的经济性	302
二、例题	305
第四节 自动机床	306
一、自动机床的经济性	307
二、例题	308
第五节 数控 (NC) 机床	309
一、数控机床的经济性	311
二、例题	312
第六节 各种自动化系统经济性比较	313
第七节 成组加工	314
第八节 计算机的应用	315
第九节 成批生产中零件的输送	316
第十节 展望	317
参考文献	318
习 题	319
第十二章 零件的切削加工工艺性	321
第一节 概述	321
第二节 标准化	322
第三节 工件材料的选择	323
第四节 工件材料的形状	326
第五节 零件形状	328
一、分类	328
二、回转体零件 $[(L/D) \leq 0.5]$	335
三、回转体零件 $[0.5 < (L/D) < 3]$	338
四、回转体零件 $[(L/D) \geq 3]$	339
五、非回转体零件 $[(A/B) \leq 3, (A/C) \geq 4]$	343
六、非回转体零件 $[(A/B) > 3]$	348

七、非回转体零件 $[(A/B) < 3, (A/C) < 4]$	348
第六节 零件的装配	353
第七节 精度和表面光洁度	355
第八节 零件定位的运动学设计	358
第九节 设计原则总结	361
参考文献	364
习 题	365
第十三章 电加工	368
第一节 概述	368
第二节 电火花加工	369
一、电火花加工的工作原理	369
二、工具伺服进给机构的操作	371
三、工具蚀耗和工具材料	372
四、液体介质	373
五、已加工表面的特性	374
六、金属的去除	374
七、加工精度	375
八、改变电参数的影响	375
九、应用	376
第三节 电化学加工	377
一、电化学加工的原理	377
二、电解液	378
三、金属去除率	379
四、已加工表面的特性	381
五、工具进给速度和电源电压对精度的影响.....	381
六、工具形状的修正	382
七、应用	382
第四节 电解磨削	383

参考文献	385
习 题	386
附录 I 测力仪设计	387
第一节 概述	387
第二节 位移计式测力仪	388
第三节 应变片式测力仪	392
参考文献	395
附录 II 实验	397
第一节 实验一：切屑形成的研究	397
一、概述	397
二、实验设备	399
三、实验步骤	399
第二节 实验二：双向切削力测力仪的定标	400
一、概述	400
二、实验设备	401
三、实验步骤	401
四、实验结果分析	402
第三节 实验三：直角切削时切削速度和进给量的影响	404
一、概述	404
二、实验设备	405
三、实验条件的选择	405
四、实验步骤	406
五、讨论	407
第四节 实验四：直角切削时前角的影响	408
一、概述	408
二、实验设备	409
三、实验步骤	409
四、讨论	409

第五节 实验五：润滑剂的影响	410
一、概述	410
二、实验设备	411
三、实验条件的选择	411
四、实验步骤	412
五、讨论	412
第六节 实验六：刀具磨损	413
一、概述	413
二、实验设备	413
三、实验条件的选择	414
四、实验步骤	414
五、讨论	415
第七节 实验七：车削表面的粗糙度	415
一、概述	415
二、实验设备	416
三、实验条件的选择	416
四、实验步骤	417
五、讨论	417
第八节 实验八：切削温度测量	417
一、概述	417
二、实验设备	420
三、实验条件的选择	420
四、实验步骤	420
五、讨论	421

第一章 机床及切削加工

第一节 概 述

金属切削的历史起始于十八世纪后期，在这以前不存在机床。以下是一位英国工程师理查得·雷诺兹（Richard Reynolds）1760年10月所写的日记的片段，他对机械制造所面临的问题提出了某些看法。他想做一个从矿井中抽水的火力发动机的汽缸，这个铸铜汽缸长9英尺、内孔直径为28英寸。他在日记中写道：

“我劈了两根底面与汽缸圆周吻合的松木，将它们放入汽缸内，并固定在工场的地面上。然后请来一位铅匠，要他在汽缸内浇铸一个重约300英担的铅块。他用木板和泥砂挡住汽缸的两端，于是他真做出一个外形与汽缸圆周吻合的铅块，这样就加快了磨光汽缸的工作。然后我在铅块上绕上两根铁条，铁条上系上绳子。由六个强壮敏捷的人，拉住每根绳子，来回地拉动铅条。在汽缸体内涂上金钢砂和鲸油。不久，铅条下面的汽缸圆周就被磨光了。接着将汽缸转动一点，这部分圆周也被迅速磨光。这样继续进行下去，直到经过艰苦的努力和繁重的劳动之后，终于把整个汽缸磨光到这样的圆度，即它的最大直径与最小直径之差不大于我的小手指的厚度。这

使我非常高兴，因为这是迄今所知道的最好的加工方法。”

1776 年詹姆斯·瓦特 (James Watt) 成功地制成了第一台蒸汽机，在研制蒸汽机时遇到的最大困难之一是汽缸铸件的镗孔加工。他用金属薄板试制了第一个汽缸，但这种汽缸不能密封蒸汽，即使在活塞和汽缸之间的间隙中填满布、皮革或油脂也无济于事。由于约翰·威尔金森 (John Wilkinson) 发明了卧式镗床，才解决了这个问题。在这台镗床上，镗刀装在镗杆上，镗杆支承在汽缸外面的轴承中，镗杆可以穿过汽缸旋转和进给，于是刀尖就形成了一个与铸件毛坯的粗糙度无关的圆柱表面 (图 1—1)。这台镗床是第一台实用的机床，正是它使詹姆斯·瓦特成功地制成了一台蒸汽机。

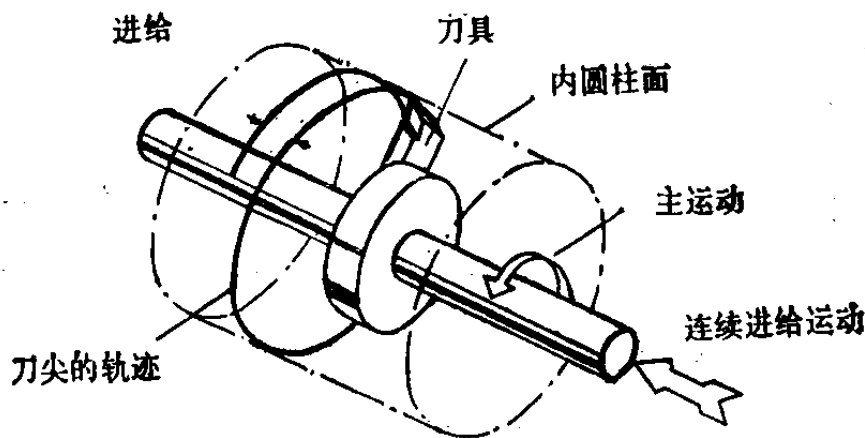


图 1—1 在卧式镗床上圆柱面的形成

金属切削技术就是在这第一台镗床的基础上发展起来的。今天，机床构成工业的基础，并且直接或间接地用于制造一切现代产品。